文章编号: 1009-3850(2010) 01-0025-07

## 四川龙门山马角坝组铁质鲕粒成因及沉积环境

武向峰,伊海生,惠博,杨伟,杜秋定1,2

(1. 成都理工大学沉积地质研究院,四川成都 610059, 2 成都地质矿产研究所,四川成都

610081)

摘要:本文应用显微镜和扫描电镜对下石炭统马角坝组顶部的铁质鲕粒的研究发现:铁质鲕粒由核心和同心圈层组成,核心成分主要是赤铁矿碎屑和石英颗粒,圈层厚度较小,整体呈胶状形态,由赤铁矿围绕核心呈致密板状平行排列,整体上结构一致;铁质鲕粒是在适合的 IH El条件下,大量铁质围绕石英碎屑或矿物碎屑转动时胶体沉积形成的,沉积环境为潮间一潮下的浅水动荡环境,是大规模海退暴露后海平面初始上升期的产物。

关键 词:马角坝组;铁质鲕粒;扫描电镜;胶体沉积

中图分类号: P571 文献标识码: A

## 1 引 言

龙门山马角坝地区下石炭统马角坝组顶部发育 一套含铁质鲕粒泥页岩,主要分布于龙门山北段及 中段的部分地区,其成因和沉积环境研究对于划分 海平面变化及层序地层具有重要意义<sup>[1]</sup>。自上世 纪 40年代初以来,前人对区内古生物和地层进行了 较多研究,并获得了较丰富的资料。同时,前人对华 北地区的前寒武纪宣龙式铁质鲕粒、四川西南宁南 的奥陶纪铁质鲕粒、华南地区的泥盆纪铁质鲕粒和 四川东南的侏罗纪铁质鲕粒等都有过研究<sup>[2]</sup>,本文 通过对该地区铁质鲕粒产出层位的剖面实测、标本 采集以及室内薄片显微结构和扫描电镜观察,对铁 质鲕粒的内部结构构造进行了详细的观察和研究, 结合前人研究成果,对区内铁质鲕粒的成因及沉积 环境进行探讨。

## 2 地质背景

马角坝地区位于龙门山前山带北段,石炭纪时 处于扬子地块西缘半封闭海湾环境 (图 1),发育一 套以局限半局限台地、开阔台地相为主的碳酸盐岩 层序<sup>[1]</sup>。石炭系自下而上分别为马角坝组、总长沟 组和黄龙组。石炭系的地层界限问题历来争议很 大<sup>[4,5]</sup>。根据国际地科联方案,结合《四川省地层总 结》(1978)及《四川省岩石地层》(1997),马角坝地 区石炭系划分为下石炭统的马角坝组、总长沟组和 上石炭统为黄龙组。

铁质鲕粒产于下石炭统马角坝组顶部的紫红 色、黄褐色泥页岩中,平行不整合于上泥盆统茅坝组 之上。马角坝组由范影年(1980)年命名于江油县 北马角坝附近,原称"马角坝段",原定义为"以产假 乌拉珊瑚及茎珊瑚为特征,厚度变化很大,岩性在江 油马角坝为鲕状赤铁矿及紫红色页岩、灰岩"。本 文研究的马角坝组分布于龙门山北段及中段的部分 地区,厚3.5<sup>m</sup>,向北至广元猫儿塘转变为含铁质页 岩,再至三磊坝则完全尖灭;往南追索至江油江村消 失(图 2)。岩性和颜色的特殊性使本组易于与上、 下层位的其它地层区分,划分标志清楚。由于该组 的特殊性,使其经常作为划分海平面变化及层序地 层的标志。

收稿日期: 2009-06-04, 改回日期: 2009-10-04

作者简介:武向峰(1984),男,硕士生,研究方向为沉积学。 E-mail wu\_xiangfeng@163 com

资助项目:国家自然科学基金(40572077)和博士学科点专项科研基金(20060616005)



#### 图 1 石炭纪古地理背景及剖面位置示意图 (据覃建雄, 1996)

1. 扬子古陆; 2 海侵方向; 3 剖面位置

Fig 1 Palaecgeograph ic settings and location of the studied section (after Q in Jianxiong 1996)

1 = Y ang tze ancient land 2 = transferssion direction, 3 = location of the studied section



#### 图 2 龙门山马角坝地区马角坝组层序对比图

1 砂岩: 2 含铁砂岩; 3 页岩: 4 含铁页岩; 5 泥岩; 6 灰岩; 7 砂 质灰岩; 8 泥质灰岩; 9 生 屑灰岩; 10 球粒 灰岩; 11 角砾灰岩; 12 鲕粒灰岩; 13 云灰岩; 14 白云岩; 15 劣质铁矿; 16 鲕状赤 铁矿

Fig 2 Stratigraphic correlation in the Majjaoba Formation in northern Longmen Mountains

1= sandstonę 2= iron bearing sandstonę 3= shalę 4= iron bearing shalę 5= mudstonę 6= limestonę 7= sandy limestonę 8= muddy limestonę 9= bioclastic limestonę 10= pelleted limestonę 11= brecciated limestonę 12= oolitic limestonę 13= dokmitic limestonę 14= dobstonę 15= inferior iron orę 16= oolitic hematite 晚泥盆世法门期的大规模海退,导致马角坝台 地长期大范围暴露<sup>[1]</sup>。下石炭统马角坝组分布不 稳定,与总长沟组呈假整合接触关系;区域上,马角 坝组向北向南快速尖灭。紫红色、黄褐色含铁质鲕 粒泥页岩之下为泥质灰岩,上覆为总长沟组底部含 泥灰岩与瘤状灰岩,向上变为块状灰岩、条带状灰 岩和生物碎屑灰岩(图 3)。



#### 图 3 马角坝组含铁质鲕粒层序

Fig.3 Vertical section of the iron bearing oblitic sequences in the Majaoba Formation

## 3 鲕粒组构

#### 3.1 形态特征

鲕粒以褐色、紫黑褐色为主, 少部分呈黄褐色。 大小不一, 直径 1 ~5<sup>mm</sup>。其中鲕粒约占整个岩石的 40%, 以直径 1 ~2<sup>mm</sup>者居多, 约占全部颗粒的 80% 左右, 3 ~5<sup>mm</sup>的豆粒 (巨鲕<sup>[67]</sup>)和铁质凝块较少, 约占 20%左右。

在扫描电镜下放大观察可见如下特征: 鲕粒呈 球形、椭球形, 多为圆状或次圆状; 颜色以褐色、黑褐 色为主, 表面粗糙凹凸不平, 金属光泽不明显, 少数 表面可见较小的石英颗粒出露; 在鲕粒断口处圈层 与核心界限明显, 核心为黑色致密铁质, 直径约 1 mm 左右, 圈层极易剥落, 镜下可见圈层厚度大约 0 3 mm 左右。组成圈层的微层排列紧密, 单个微层厚度极 小, 镜下 分辨 可 见组 成圈 层 的 微 层 有十余 层 (图 4Å)。

3.2 显微结构特征

镜下鲕粒大小不一, 最大直径 3.9<sup>nm</sup>, 少部分约 在 0.3~0.5<sup>nm</sup>之间, 以 1.5<sup>nm</sup>左右的居多。有些颗





#### 图 4 铁质鲕粒显微镜和扫描电镜下特征

A 电镜下观察,鲕粒核心圈层明显; B①颗粒之间呈凹凸接触; ②石英挤压鲕粒变形; C①胶体收缩颗粒边缘后期充填方解石"亮边"; ②石 英颗粒与褐色赤铁矿核心; □①黑褐色赤铁矿核心; ②具明暗相间圈层; E 核心由黑色赤铁矿和大量石英小碎屑组成; F核心由单个石英 颗粒组成,粒径约在 0 6<sup>nm</sup>左右; G 圈层呈致密板状平行排列; F 圈层自然断口处呈锯齿状出露

Fig.4 Structural characteristics of the ferruginous ooids indicated by microscope and SEM examination A Concentric circles of the ferruginous collies, B  $\bigcirc$  Concave convex contacts of grains  $\oslash$  O collicit deformation by quartz compression, C  $\bigcirc$  "Bright rim" after colloid contraction  $\oslash$  Quartz grains and hematite grains, D  $\bigcirc$  Hematite nucleus  $\oslash$  Concentric circles E nucleus composed by quartz and hematite, F. Nucleus composed by quartz grains with the diameter of about  $\bigcirc$  6 mm G. Concentric circles in densed tabular parallel arrangements. H. Concentric circles with hackly fractures 粒外部由于石英等陆源碎屑颗粒的挤压而变形<sup>[8]</sup>, 部分颗粒之间呈凹凸接触(图 4<sup>B</sup>)。鲕粒形态有圆 形、椭圆形、肾状、豆状,极少呈不规则次棱角状<sup>[9]</sup>。 有的鲕粒核心圈层明显,有些鲕粒只有核心而圈层 不明显或无圈层。另外还可见极少数的含石英颗粒 包裹体的铁质豆粒、凝块,其一般粒径较大,无定形, 大小约  $3 \sim 5^{mm}$  大部分颗粒边缘有沉积期后阶段 铁质胶体颗粒收缩后充填的亮晶方解石的"亮边" (图 4<sup>C</sup>)。据张扬等(2009)对该地区铁质鲕粒所做 X衍射和电子探针分析,铁质鲕粒的主要组成矿物 是赤铁矿(约占 65% ~ 70%)、高岭石(约 15% ~ 20%)和石英(约占 10% ~ 15%)<sup>[3]</sup>。

镜下所见石英颗粒粒径在 0 15~0 45<sup>nm</sup>之间, 以 0 3<sup>nm</sup>左右者居多,其分选磨圆较差,表明没有经 过长时间的搬运磨圆。粒度较大者多呈次圆状 次 棱角状,小者多为次棱角状,石英与铁质鲕粒、泥晶 铁质混合沉积在一起,或者与鲕粒一起被铁质侵染, 石英颗粒主要是参与构成鲕粒核心的陆源碎屑。胶 结物约占 7%左右,主要为铁质胶结。

1. 内部核心

核心是鲕粒形成的基础,圈层围绕核心分布。 核心的形状对鲕粒的外形有一定的影响,特别是一 些薄皮鲕,鲕粒的形态是核心形态的反映。随着圈 层厚度的增加,核心形态的显露相对减弱<sup>119</sup>。研究 的鲕粒主要有以下 4种核心类型:

①石英颗粒与褐色赤铁矿核心:核心粒径约 0.8mm左右,圈层厚度较小,约在0.2mm左右,为薄 皮鲕。石英粒径相对较均匀、约在0.1~0.3<sup>mn</sup>左 右,被包裹在褐色铁质中,核心形状呈椭圆或圆形 (图 4公:②黑褐色赤铁矿核心,形状多变,粒径约 在1~2<sup>mm</sup>左右,部分核心周缘还残余方解石环带, 推测为沉积后期核心赤铁矿胶体收缩后方解石充填 所致。外表圈层呈黑褐色,部分圈层具明暗相间现 象,圈层厚度较小约在05mm左右,也属于薄皮鲕 (图 4D:③黑色赤铁矿和石英碎屑核心:整个核心 形状不规则,大小为2<sup>mm</sup>左右,次棱角状;石英颗粒 形状不规则,粒径小于0.1<sup>mm</sup>,与黑色赤铁矿混杂在 一起,圈层厚度较小,约在0.5<sup>mm</sup>左右(图 4 E);④石 英颗粒核心呈椭圆形,粒径较大,在0.6mm左右,表 面有污浊感,部分发生硅化。核心和圈层多被黑色 铁质侵染,圈层呈褐色,厚度约在0.5<sup>mm</sup>左右,镜下 可见圈层由 10多层极小微层组成. 圈层明暗相交现 象不是很明显(图 4 F)。

2 外围圈层

鲕粒圈层围绕核心呈同心圈状,未见放射状,圈

层整体厚度,约在0.5<sup>mm</sup>左右,但是环带较多,有的可达10多层。镜下一般呈褐色,圈层外面多具黑褐色赤铁矿包壳,主要有两种类型:

①具明暗相间圈层:圈层厚度约为 0 5 mm,外层 为黑褐色赤铁矿包壳,圈层为褐色赤铁矿侵染交代, 镜下观察亮层呈黄褐色,暗层呈黑褐色,是由于铁质 胶体溶液浓度不同所致。整个圈层镜下可见由大约 10个细小微层组成,单个微层厚度约在 0 025 mm左 右 (图 4D); ②圈层颜色一致,为红褐色或黑褐色, 厚度 0 2~0 5 mm左右,整个圈层颜色基本一致,未 见明暗相间现象,说明其圈层成分基本一致。圈层 完全被黑褐色赤铁矿交代侵染,部分圈层外围也有 一层颗粒收缩后在沉积期后阶段充填的亮晶方解石 "亮边"(图 4 C)。

3.3 鲕粒超微结构特征

扫描电镜下观察鲕粒的自然断口, 见鲕粒的核 心成分单一, 结构致密, 整体呈胶体形态, 看不到单 体形态和结构。组成圈层的赤铁矿围绕核心呈致密 板状几近平行排列, 胶状结构, 微层厚度极小, 均匀 稳定, 约为 3 ~5 <sup>un</sup>(图 4G)。在包壳缠绕方向上, 圈 层形态基本不发生变化, 在自然断口处圈层呈锯齿 状出露, 部分圈层中夹杂少量石英颗粒, 粒径约在 20<sup>µ n</sup>左右, 为胶体缠绕时的石英包裹体 (图 4H)。 总体上来讲, 圈层连续平滑或具轻微的波状, 各个微 层连接紧密, 整体上结构一致。

## 4 沉积环境及成因讨论

对铁质鲕粒的成因历来有不同的认识和见解。 朱世兴(1980)、陈志明等(1981)认为菌藻类生物对 其形成有重要作用<sup>[12]</sup>。但也有人认为鲕粒是正负 电荷相吸形成的,鲕核是带负电荷的非金属碎屑,环 带是带正电荷的金属物质,在海水有一定能量时,正 负电荷相吸,铁质便围绕非金属碎屑旋转胶体沉淀 鲕环<sup>[2]</sup>。除此之外,还有人提出了物理成因、化学 成因、生物成因或者生物化学成因等观点<sup>[13,14]</sup>。

本地区的铁质鲕粒产出于紫红色和黄褐色泥页 岩中,其沉积序列自下至上依次为黄褐色泥页岩 (厚约05<sup>m</sup>)、紫红色泥页岩(厚约1.5<sup>m</sup>)和黄褐色 泥页岩(厚约1.5<sup>m</sup>),鲕粒主要产于紫红色泥页岩中 (40%),黄褐色泥页岩层中含量较少(10%)。从区 域上看,马角坝组上超在下伏泥盆纪茅坝组之上, 锶、碳同位素反映出晚泥盆世法门期末大规模的海 退和古暴露<sup>[15]</sup>,区内泥盆纪末海平面下降与冈瓦纳 大陆晚古生代冰川事件(第一次冰期)相对应。紫 红色含铁质鲕粒泥岩等红色沉积的出现,反映了一 种炎热、潮湿的热带亚热带环境<sup>[3]</sup>,同时铁质鲕粒 的出现代表一种水下环境<sup>[16]</sup>,揭示马角坝组是冰川 型全球海平面下降之后海平面初始上升的产物<sup>[1]</sup>。 结合岩性及岩相组合等特征,紫红色含铁质鲕泥岩 为潮间带,黄褐色含铁质鲕泥岩为潮下带,上覆总长 沟底部可分出 3个生物礁旋回,沉积环境应为潮下 浅滩一潮下灰泥坪(图 5)。含铁质鲕粒泥岩为晚泥 盆世大规模海退暴露后海平面开始上升的产物。

核心主要由赤铁矿构成,部分为较大的石英颗 粒或赤铁矿和石英颗粒包裹体,未见生物碎屑颗粒。 铁质来源应为大陆风化的产物,F<sup>ê+</sup>浓度易达到饱 和说明了铁质鲕粒当时生成时应为半封闭环境, F<sup>ê+</sup>浓度达到饱和后,在适合的 <sup>IA</sup> Eh条件下,大 量铁质围绕石英碎屑或铁矿物碎屑转动胶体沉积。 由于铁质与石英碎屑一并沉积,因而鲕状赤铁矿中 含较多的石英碎屑。之所以不能形成化学沉积是由 于无论是大陆地表径流中的铁质还是浅海中的铁 质,都不可能形成离子状态(一般时指三价铁离 子),如果要形成三价铁离子,其<sup>11</sup>升值必须在2以 下,当时环境<sup>11</sup>升值不可能在2以下,因此不可能形 成铁的真溶液,也就不可能形成铁的化学沉积,只能 形成胶体沉积<sup>12</sup>。

圈层呈同心状,整体呈胶体状态,未见到由于菌 藻类生长造成的明暗分明的纹层。圈层厚度较小, 但是环带数相对较多,单个微层厚度极小,说明当时 形成时环境为浅水动荡环境,水动力条件相对较 强<sup>[6]</sup>,且与生物作用无关。当海水有一定能量,即



图 5 石炭纪部分地层沉积环境分析

Fig 5 Sedimentary environments of the Carbon iferous strata

海水波动时,铁质围绕石英碎屑或铁矿物碎屑转动 并胶体沉积。圈层厚度较小是由于因为当时沉积环 境为靠陆半封闭海湾,由于地表径流注入等因素影 响,造成生成鲕粒的水体盐度低,海水浮力下降。由 于核心粒径相对较大,当鲕粒直径超过一定限度时 浮力无法承受,鲕粒生成时在水体中停留时间过短, 遂下沉至水界面以下的泥砂岩或先已下沉的鲕粒 中,这样鲕粒环带厚度也随之减少<sup>[17]</sup>。

在适宜的酸碱度环境下,铁质先凝聚成小颗粒, 由于海水波动,铁质小颗粒旋转,外围铁质便逐渐缠 绕这小颗粒胶体凝聚。当达到一定粒径后,由于重 力作用下沉,铁质也可逐渐凝聚,同时吸附陆源碎屑 颗粒(主要是石英)形成无核心、无环带的团块<sup>[2]</sup>。

综上所述,铁质鲕粒的主要成因为:晚泥盆世法 门期末大规模海退造成暴露环境,之后海平面开始 上升,形成浅水的氧化环境,来源于大陆风化的铁质 和陆源石英碎屑在半封闭海湾中聚集,当 F<sup>ê+</sup>浓度 达到饱和后,在适合的 PH Eb条件下,大量铁质围 绕石英碎屑或铁矿物碎屑转动形成胶体沉积鲕粒。

## 5 结 论

(1)马角坝地区石炭纪铁质鲕粒的成分主要为
赤铁矿 (约 65% ~70%)、高岭石 (约 15% ~20%)
和石英 (约 10% ~15%);

(2)鲕粒的核心主要由赤铁矿或者赤铁矿和石 英颗粒包裹体共同组成;

(3)外表圈层呈同心状,整体呈胶体状态,厚度 较小,环带数较多;

(4)鲕粒的沉积环境为潮间 潮下带的搅动环 境。来源于大陆风化的铁质在 F<sup>2<sup>+</sup></sup>浓度达到饱和 后,在适合的 <sup>PH</sup> Eh条件下,围绕石英碎屑或铁矿 物碎屑转动胶体沉积形成。

#### 参考文献:

- [1] 覃建雄,曾允孚,黄志勋,等.四川龙门山马角坝地区石炭纪层 序地层及海平面变化研究[3].岩相古地理,1996,16(1):19-33.
- [2] 廖士范,魏梁鸿,刘成德,等.中国泥盆纪鲕铁石沉积环境、成因[J.沉积学报,1993,11(1):93-100
- [3] 张扬, 郄文昆, 李益龙, 等. 四川龙门山石炭纪鲕状赤铁矿及其
   古环境意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28(1): 51-57.
- [4] 王向东. 石炭纪年代地层学研究概况[J]. 地层学杂志, 2000, 24(2): 90.
- [5] 杨敬之, 徐珊红. 石炭系上下统分界研究概况与展望[J. 地层 学杂志, 1986, 10(4): 304
- [6] SUMMER D A, GRUIZINGER J P. Numerical modeling of ooid size and the problem of Neoproterozoic giantooids [ J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1993, 63(5): 974-982
- [7] 梅冥相.显生宙罕见的巨鲕及其鲕粒形态多样性的意义以湖 北利川下三叠统大冶组为例[J.现代地质, 2008, 22(5):684 -698.
- [8] 蒲磊,周立发,周正,等.小秦岭楼村地区寒武系鲕粒变形有限 应变测量分析及意义[J.西北地质,2008,41(2):116-117.
- [9] 刘宝珺主编. 沉积岩石学 [<sup>M</sup>]. 北京: 地质出版社, 1980
- [10] 杜秋定, 伊海生. 滇东南中三叠统法郎组锰矿床 微生物成因的新证据[J]. 地质科技情报, 2009, 28(5): 65-68
- [11] 赵东旭. 宣龙铁矿铁质 鲕粒 的显微结构 及成 因 [J]. 地质科学, 1994, 29(1): 71-76
- [12] DAVAUD Ę GIRARDCIOS Ş Recent freshwater coids and on coids from western Lake Geneva (Switzerland): indications of a common organically mediated orgin [J]. Journal of Sedimentary Research 2001, 71(3): 423-429.
- [13] 朱世兴.河北宣龙区的铁质叠层石及其意义.中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊,1980,1(1):70-80.
- [14] 陈志明. 冀西北铁岩类型与沉积环境[J]. 地质科学, 1981, (4): 337-342.
- [15] 石和,黄思静,赵鹏肖.四川江油石炭纪锶同位素曲线-年代 地层对比和海平面变化[J].地质通报,2003,22(2):113-117.
- [16] 涂荣祯. 龙永煤田童子岩组顶部 鲕粒的矿物学特 征及岩相意
   义[].中国煤田地质, 2005, 17(增刊): 51-52
- [17] 廖士范. 我国显生宙沉积鲕铁矿鲕粒成因新见解[J]. 贵州地 质, 1997, 14(4): 334-336.

Genesis and sedimentary environments of the ferruginous coids from the Majiaoba Formation in northern Longmen Mountains Sichuan

WUX jang\_feng, YIH ai sheng, HUIB o, YANG W el, DUQ juding<sup>2</sup>

(1. Institute of Sedimentary Geology Chengdu University of Technology Chengdu 610059 Sichuan, China, 2 Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

A betract The ferruginous  $\infty$  ids from the Majiaoba Formation in northern Longmen Mountains. Sichuan consist of nuclei and concentric circles on the basis of the microstructures indicated by microscope and SEM examination. The nuclri are composed of hematite and quartz in  $\infty$  [loids whereas the concentric circles comprise hematite with the thickness of  $3-5\mu$  m in densed tabular parallel arrangements. The ferruginous  $\infty$  ids cited above are interpreted as the products formed in the favourable PH and Eh conditions in the intertidal to the subtidal shallow water environments during the initial rising of sea level after large scale regressions

Keywords MajaobaFormation ferruginous ooids SEM colloids

# 《沉积与特提斯地质》征稿启示

《沉积与特提斯地质》(原《岩相古地理》,创刊于 1981年)系国土资源部主管,成都地质矿产研究所主办 的地质学术期刊。办刊 20余年来,已经形成了沉积学的专业特色和特提斯(青藏高原)的地域特色。主要 报道沉积学、地层学、矿床学、岩石学,以及石油地质、构造地质、环境地质等学科(专业)方面的新成果和新 进展。《沉积与特提斯地质》现为中国科技核心期刊、中国科技论文统计期刊、中国学术期刊综合评价数据 库统计源期刊、维普中文科技期刊数据库统计源期刊,并被国家图书馆、上海图书馆、各省(自治区)地学类 图书馆(资料馆)和大专院校图书馆所收藏。《沉积与特提斯地质》为季刊,逢季末出版,国内外公开发行。 欢迎相关专业的地学工作者投稿。

来稿要求与注意事项:

1. 稿件需论点明确、论据可靠、文字精练、图表清晰美观。稿件 (含图表)一般在 8000字以内, 要求有 300字左右的论文摘要和 3~5个关键词, 论文摘要和关键词需中英文对照。

2 来稿需附第一作者简介,包括:姓名、性别、出生年月、工作单位、职称 /学位、专业和研究方向等。同时 需注明研究受何种项目 /基金 (编号)资助及作者的通讯地址、电话 (办公室、手机)、电子信箱等信息。

3.稿件正文应采用宋体(5号),西文和数字用 TimesNew Rom 6体(6号)。文中要使用法定计量单位。

4. 插图须用 Core DRAW9或 Core DRAW12软件绘制,图表名需中英文对照。

5. 测试数据应注明测试单位、测试手段、测试精度等。

6 参考文献按文中出现的先后顺序用阿拉伯数字以上标给出。参考文献 (包括外文)格式为: (1)专著 [序号]作者 (编者).书名 [<sup>M]</sup>.出版地:出版社,出版年; (2)期刊: [序号]作者.题名 [<sup>J]</sup>.期刊名,年,卷 (期):起止页码; (3)论文集、会议录著: [序号]作者.题名 [<sup>Q</sup>].论文集、会议录编者.论文集名.出版地:出 版社,出版年.页码.

7. 本刊通过电子信箱接收稿件。投稿电子邮件的主题需标明第一作者 (或联系人)投稿字样。稿件应 以附件的形式发送。投稿时务必提供两个附件:(1)插入 \*. <sup>ti</sup>格式图片和 Exce格式表格的完整的 Word 格式的文稿 (附件 1);(2) CoreDRAW9或 CoreDRAW12软件绘制的论文插图 (CoreDRAW格式矢量图)(附 件 2)。附件的名称应包含第一作者 (或联系人)投稿 图件字样。本刊电子信箱: <sup>cdge@</sup>163. <sup>com</sup>

8 来稿一经采用,本刊将收取一定的版面费,同时支付作者稿酬。